

## Presencia de vonsenita en la mina "Monchi", Badajoz (España)

por A. CUETO (\*), C. RUIZ (\*) y P. AREVALO (\*\*)

### RESUMEN

En el estudio de las paragénesis metálicas de la mina «Monchi» de Burguillos del Cerro (Badajoz), ha resultado de interés la aparición de un mineral del cual no hemos encontrado antecedentes en España.

En su estudio se han aplicado técnicas ópticas, químicas y de Rayos X, habiéndose llegado a la conclusión de que se trata de una Vonsenita, término extremo de la serie de los boratos de hierro y magnesio.

### SUMMARY

Studying the metallic «paragenesis» present in the «Monchi» mine of Burguillos del Cerro (Badajoz) we have found the presence of a mineral which has not been found in Spain before.

In its study we have applied optical, chemical and X-ray technics and we arrived to the conclusion that the mineral is a Vonsenite, end member of the magnesium and iron borates series.

### INTRODUCCIÓN

Este trabajo forma parte de un estudio de las paragénesis metálicas existentes en la hoja de Burguillos del Cerro (Badajoz), dentro del plan de investigación de hierro del S. W.

Hacemos este avance, pues dentro del estudio general que se está realizando, hemos considerado de interés citar la aparición de un mineral, del cual no se ha publicado nada sobre él en España.

El trabajo abarca tres partes: estudio microscópico por luz reflejada, análisis químico y estudio por difracción de Rayos X, con lo cual se ha podido llegar a la exacta determinación del mismo.

Con objeto de obtener el mineral completamente puro para el análisis químico y estudio por rayos X, se tuvo que hacer un previo reconocimiento de la forma de presentarse y de su relación con los asociados, y así determinar el tamaño de molienda necesario para su liberación total. El proceso de separación no fue laborioso dada su forma de presentarse (buenos cristales y de contactos netos y

rectos con los asociados); con una molienda de 0,5 mm., y magnéticamente se pudo aislar el mineral (foto 1). Se hizo luego el correspondiente recuento en probeta pulida y el porcentaje de granos no liberados resultó ser inferior al 2 %.

### *Situación geológica.*

El mineral objeto de nuestro estudio ha sido hallado en la mina Monchi, enclavada en el contacto de las calizas cámbricas de la Sierra del Cordel, con las rocas de tipo granítico (sienitas, granodioritas, dioritas) del batolito de Burguillos del Cerro (Badajoz).

### *Reconocimiento de «visu».*

En la metalización es un mineral que se encuentra en cantidad notable.

Se presenta en agregados fibrosos de aspecto sedoso, de color negro algo azulado, al ser triturado a polvo. Es ligeramente magnético y alterna con magnetita principalmente.

(\*) Laboratorio de Petrografía y Metalogenia del IGME.

(\*\*) Empresa Nacional Adaro y C. S. I. C.



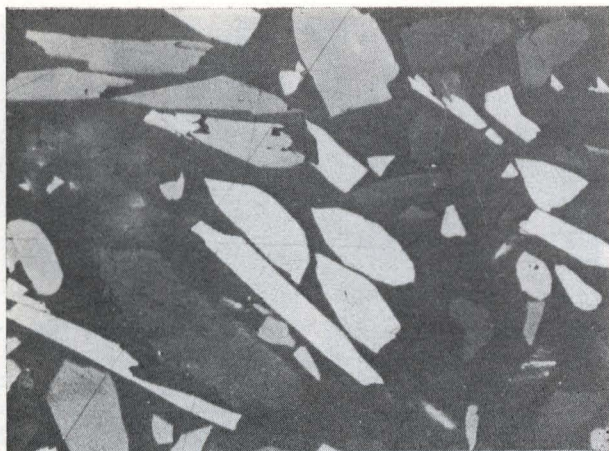


Fig. 1.—Concentrado de vonsenita; obsérvese la total liberación del mineral y su fuerte anisotropismo. Nícoles cruzados.  $\times 135$  aumentos.

### ESTUDIO ÓPTICO

Al reconocerlo por luz incidente presenta buen pulido, exento de rayas.

Sus formas más características son bien tabulares (secciones  $h k o$ ) o rómbicas (secciones  $001$ ). Se encuentra agrupado formando agregados hipidioblásticos y alterna con bandas de magnetita.

Presenta una dureza de pulido próxima a la de magnetita, aunque ligeramente inferior, y superior a la de pirrotina.

Es fuertemente pleocroico (fig. 2) (sobre todo en aceite), varía de gris azulado a rosa. No se han observado reflexiones internas.



Fig. 2.—Vonsenita mostrando su enorme pleocroísmo. Nícoles paralelos.  $\times 250$  aumentos. Objetivo de inmersión en aceite.

El anisotropismo es intenso, varía de gris azulado a rojo anaranjado, observándose tonos naranja más vivos en las secciones prismáticas.

Los valores de reflectividad se han obtenido con microfotómetro multiplicador, utilizando un patrón artificial de  $Sr TiO_3$  con  $Ro = 17,5 \%$  (verde),  $Ro = 17,1 \%$  (naranja) y  $Ro = 16,7 \%$  (rojo) en aire.

Para determinar la reflectividad del patrón en aceite utilizamos la fórmula

$$R_1 = \left( \frac{n - n_1}{n + n_1} \right)^2 \cdot 100;$$

siendo  $n_1$  el índice de refracción del aceite de inmersión, y  $n$  el índice de refracción del patrón artificial de  $Sr TiO_3$ . Los valores obtenidos fueron los siguientes:

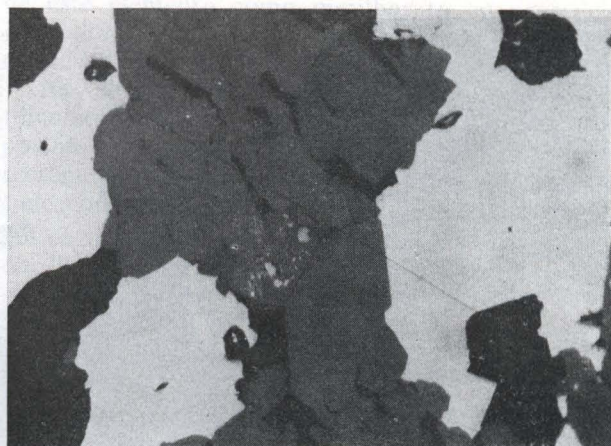


Fig. 3.—Vonsenita (gris oscura) transformándose en magnetita (gris claro y junto a ganga (negro). Nícoles paralelos.  $\times 250$  aumentos. Objetivo de inmersión en aceite.

	Aire		Aceite	
	// a %	// c %	// a %	// c %
Verde...	12,5	14,0	2,5	4,0
Naranja ...	11,5	13,5	2,0	3,5
Rojo ...	10,0	13,0	2,0	3,0

La microdureza Vickers muestra un intervalo de variación comprendido entre 689-700.

Se han encontrado algunas secciones sustituidas por magnetita (foto 3), sobre todo marginalmente, lo que nos hace pensar en un zonado del cristal.

El mineral está prácticamente inalterado, aunque se ha visto alguna sección pasando a hematites (foto 4).

El mineral va asociado con magnetita ( $Fe_3O_4$ ),



pirrotina ( $\text{FeS}_{1+x}$ ), lollingita ( $(\text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}) \text{As}_2$ , bismuto, bismutina e ilvaita (liebrita),  $\text{CaFe}_3(\text{OH})(\text{SiO}_4)_2$ , estos tres últimos en proporción inferior a los anteriores.

El mineral objeto de nuestro estudio es el primero en formarse entre todos los metálicos que constituyen la paragénesis.

La magnetita es el mineral principal que le acompaña (foto 5), y constituye con vonsenita una asociación listada o fajeada.

Algunos cristales de magnetita son pseudomórficos de vonsenita, presentando en este caso, un anisotropismo anómalo, que atribuimos a su forma de origen, a partir de vonsenita.

La pirrotina asociada al borato (foto 6) se presenta en pequeñas inclusiones de forma irregular, cuyos diámetros están comprendidos entre 0,036 milímetros y tamaños casi submicroscópicos.



Fig. 4.—Formas rómbicas de vonsenita; uno de los cristales está transformándose en magnetita y alterado en hematites. Nícoles paralelos.  $\times 250$  aumentos. Objetivo de inmersión en aceite.

La lollingita se presenta en bandas alternando con magnetita y el borato. Debido a su alto contenido en As (71,62 por 100), es un mineral nocivo para la magnetita; para poder separarla de este mineral y del borato sería necesario realizar moliendas inferiores a 1 mm.; a causa del elevado coste de este tipo de moliendas toda la magnetita asociada a lollingita se deshecha.

El bismuto y la bismutina (siempre unidos) se presentan en pequeña proporción incluidos en el borato.

La ilvaita es un mineral típico de los depósitos pneumatólíticos de contacto ricos en hierro, va íntimamente asociada al borato. Se localiza en vetas y se ha formado con posterioridad al mineral que estudiamos. Según Ramdohr, estos minerales

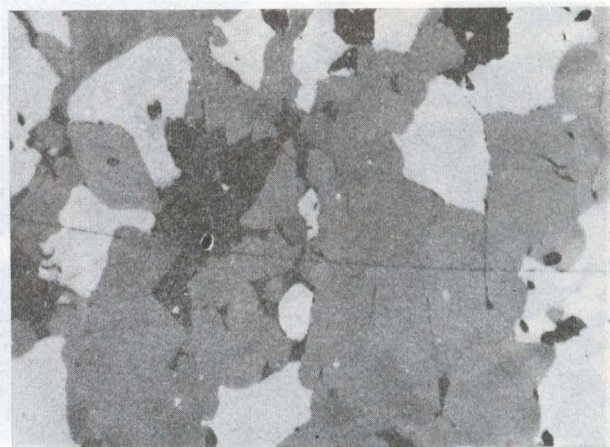


Fig. 5.—Vonsenita y magnetita; obsérvese el idiomorfismo de la vonsenita. Nícoles paralelos.  $\times 135$  aumentos.

podrían confundirse por sus características ópticas; en nuestro caso particular se diferencian bien, pues al estar en contacto se observa claramente un mayor anisotropismo de la ilvaita con sus típicos colores anaranjados.

Por todas las características observadas en este estudio óptico, se llegó a la conclusión de que el mineral era un borato de la serie ludwigita-vonsenita.

Como ambos extremos de la serie no pueden diferenciarse en probeta pulida, se tuvo que completar este estudio con la deducción de la correspondiente fórmula química y el estudio por Rayos X.

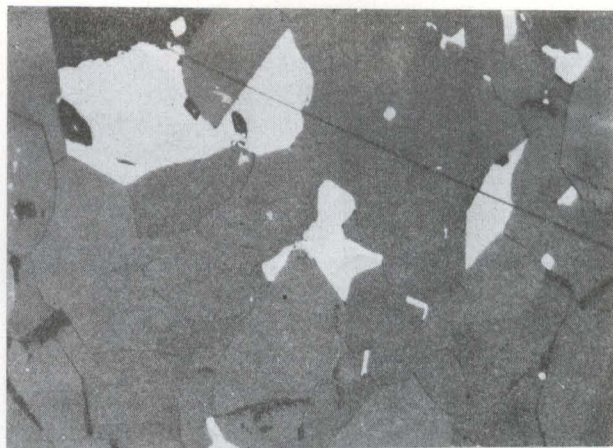


Fig. 6.—Vonsenita junto a pirrotina (cristales blancos). Nícoles paralelos.  $\times 250$  aumentos. Objetivo de inmersión en aceite.



# ESTUDIO QUÍMICO

El mineral es soluble en HCl (1 : 1) dejando un pequeño residuo insoluble (3,27 por 100) formado por silicatos, cuarzo y magnetita. Este residuo insoluble, que corresponde a impurezas que acompañan al mineral, lo hemos analizado por separado para poder restar los valores correspondientes de CaO, MgO, TiO<sub>2</sub>, MnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y FeO, del análisis principal, como expresamos más adelante.

A pesar de ser el mineral fácilmente soluble en HCl, su alto contenido en Fe dificulta las determinaciones fotométricas, por lo que hemos procedido de la siguiente forma para la disolución de la muestra.

Nos hemos basado en la total volatilización del B en presencia de HF, quedando un residuo fácilmente atacable por HClO<sub>3</sub> y HF, que proporciona una solución totalmente incolora, que permite las determinaciones fotocolorimétricas.

## Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Como hierro total. Analizado fotocolorimétricamente por medio de 2-2' Dipiridilo, midiendo la extinción a 5.220 Å. Debido al elevado contenido en hierro de la muestra se han realizado varias determinaciones y tomado el valor medio. La curva patrón, empleando FeSO<sub>4</sub>. (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> se ha hecho a intervalos con un 1 por 100 de diferencia.

## FeO

Determinación con permanganato por el método clásico. Hemos tomado medidas especiales para evitar oxidación del hierro durante la pulverización, por sumersión en alcohol.

## MgO

Método complexométrico. Erio T como indicador. pH = 10.

El elevado contenido en Fe de la muestra dificulta esta determinación, por lo que hemos tenido que hacer una previa extracción del mismo por medio de kupferron en cloroformo.

## CaO

Método complexométrico. Indicador: ácido calconcarbáxilico (H H S N N) pH = 13.

## MnO

Determinado fotocolorimétricamente como permanganato midiendo la coloración del mismo a 5,220 Å.

## TiO<sub>2</sub>

Midiendo la coloración amarilla a 4.000 Å, producida por una mezcla de agua oxigenada en medio ácido (sulfúrico y fosfórico).

## H<sub>2</sub>O+

Método de Penfield, gravimétrico, pesando por diferencia el agua desprendida y condensada en el tubo de dicho autor.

## B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Su exacta determinación requiere la destilación de este elemento como metilborato en presencia de vapor de alcohol metílico. El destilado es alcalinizado con NaOH: ((OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> + 3 NaOH = Na<sub>3</sub> BO<sub>3</sub> + CH<sub>3</sub> OH), privado del alcohol metílico sobrante por nueva destilación, así como del posible CO<sub>2</sub> existente en las soluciones, y valorado finalmente como ácido bórico después de acidificado con HCl (Na<sub>3</sub> BO<sub>3</sub> + HCl = NaCl + HBO<sub>3</sub>).

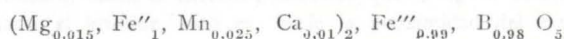
Los métodos seguidos para el análisis del residuo insoluble y que no entran en los componentes esenciales, pueden verse en Weibel (1961).

	Análisis total de la muestra	Análisis del residuo insoluble	Análisis del mineral	Análisis del mineral lle- vado a 100 %	N.º de catio- nes en base de 5 oxige- nos
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,38	—	12,38	12,81	0,97
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30,09	0,40	29,69	30,72	0,99
FeO	54,20	0,36 (1)	53,84	55,69	2,00
MgO	0,74	0,24	0,50	0,50	0,03
CaO	0,42	0,34	0,08	0,08	0,02
MnO	0,30	0,10	0,20	0,20	0,05
TiO <sub>2</sub>	0,02	0,02	0,00		
H <sub>2</sub> O+	0,10	—			
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,05	0,05			
Na <sub>2</sub> O	0,02	0,02			
K <sub>2</sub> O	0,02	0,02			
SiO <sub>2</sub>	1,72	1,72			
Totales	100,06	3,27	96,69	100,00	

(1) Determinado como Fe total y calculado como Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.

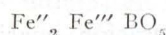
Se realizó una prueba semicuantitativa de Sn por absorción atómica habiéndose encontrado valores del orden 0,04 a 0,09 por 100.

Fórmula encontrada por el mineral en estudio.





Lo que corresponde a una vonsenita muy pura, y que prácticamente tiene por fórmula



Si se comparan estos resultados con los obtenidos por Leonard y Vlisidis en los depósitos de magnetita de Jayville se observa una gran similitud.

	Vonsenita de Burguillos del Cerro	Vonsenita de Jayville
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	12,81	13,37
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	30,72	30,14
FeO ... ..	55,69	54,04
MgO ... ..	0,50	0,56
CaO ... ..	0,08	0,00
MnO ... ..	0,20	0,28

#### ESTUDIO POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X

Para comprobar la identidad de Vonsenita hemos hecho un diagrama de polvo por difracción de rayos X. Para ello se ha empleado un difractómetro Philips PW 1.050/25 del Instituto de Edafología. Radiación: Cu K $\alpha$  con discriminación de altura de impulsos.

Puede observarse la coincidencia de nuestro diagrama con el de la vonsenita estudiada por Leonard, procedente de Jayville, si se comparan los valores de los espaciados e intensidades que damos a continuación:

Vonsenita de Jayville		Vonsenita de Burguillos de Cerro	
I/I <sub>1</sub>	d Å	d Å	I/I <sub>1</sub>
50	5,16	5,18	50
14	4,73	4,75	16
10	2,753	2,803	18
100	2,580	2,579	100
25	2,372	2,371	25
25	2,171	2,184	16
18	2,074	2,083	5
18	1,937	1,940	10
14	1,602	1,596	9
18	1,538	1,540	16
14	1,507	1,499	21
14	1,499	1,497	14
10	1,403	1,404	50

Se han tomado solamente las intensidades a partir de 10.

Los espaciados 5,16, 2,58 y 2,372 de intensidades respectivas 50, 100 y 25 son características. La aparición de los picos 1.499 Å y 1.404 Å no presentes en Ludwigita, la diferencia de este mineral.

\* \* \*

Estudiado el mineral como hemos visto empleando determinaciones de tipo óptico, químico y de Rayos X, llegamos a la conclusión de que se trata de vonsenita y muy similar a la de Jayville (Nueva York, EE. UU.).

#### AGRADECIMIENTOS

Nuestra gratitud al profesor Ramdohr por la determinación del mineral que se hizo en su laboratorio de Rayos X, después de haberse llegado a conocer que pertenecía a la serie ludwigita-vonsenita en el laboratorio de Petrografía y Metalogenia del IGME.

Agradecemos la ayuda recibida de D. Tirso Febrel y del Dr. Rausell-Colom, así como de todo el personal de los laboratorios de Espectrometría y Preparación de minerales del IGME.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ROSSO DE LUNA, I. y HERNÁNDEZ PACHECO, F. Hoja Geológica núm. 853. Burguillos del Cerro (Badajoz). (1955).
- SUMDELL, G. E.; BRIGHT, H. A., y HOFFMAN, J. I. *Applied Inorganic Analysis* (1959).
- WEILED, M. *Die Schnellmethoden der Gesteinsanalyse*, «Schweiz. Min. Petz. Mitt.», 41, 2 (1961).
- LEONARD, B. F. y VLISIDIS, A. C. *Vonsenite at the Jayville Magnetite deposits*, St. Lawrence County, New York, «Am. Min.», 46. 7-8 (1961).
- KLOCMANN-RAMDOHR. *Tratado de Mineralogía*. «Gustavo Gili, Sociedad Anónima» (1961).
- C. SCHOUTEN. *Determination tables for ore microscopy*. Elsevier publishing company. Amsterdam, New York, (1962).
- ARRIBAS, A. *Mineralogía y Metalogenia de los yacimientos españoles de uranio: Burguillos del Cerro (Badajoz)*. Estudios geológicos, vol. XVIII (1962).
- ASTM. American Society for Testing Materials (1963).
- RAMDOHR, P. *The ore minerals their intergrowths*. Pergamon Press (1969).
- AKIO TSUSUE y SHUNZO YUI. *Ore deposits of the Damaishi and Noda. Tamagawa mines in the Kitakami plateau*.

Recibido: 22-II-1971.